

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 198 27 271 A 1**

51 Int. Cl.⁶:
B 61 L 23/00
G 01 M 17/08

21 Aktenzeichen: 198 27 271.5
22 Anmeldetag: 19. 6. 98
43 Offenlegungstag: 23. 12. 99

DE 198 27 271 A 1

- 71 Anmelder:
Müller, Andreas, 51379 Leverkusen, DE; Weider,
Dietmar, 51465 Bergisch Gladbach, DE
- 72 Erfinder:
gleich Anmelder
- 56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:
- | | |
|----|---------------|
| DE | 195 44 217 C2 |
| DE | 198 25 594 A1 |
| DE | 195 13 244 A1 |
| DE | 87 13 927 U1 |
| US | 52 01 834 A |
| US | 54 92 002 |
| US | 47 02 104 |
| EP | 01 78 468 A2 |
- WETZLER, Gerd R., PICKEL, Peter: Die betrieblichen
Gefahrenmeldeanlagen im Netz der DB AG. In:
Signal + Draht, (88) 4/96, S.5-8;
LEINFELDER, Christian, KUDRAß, Christian:

Diagnosefunk für den ICE. In: Signal + Draht 89,
7-8/97, S.18-20,22;
KUNTZE, Helge-Björn, MORYS, Bernhard:
Modellgestützter Entwurf eines aktiven
Mechatronikkonzeptes zur Minimierung des
Radverschleißes an Hochgeschwindigkeitszügen.
In: at - Automatisierungstechnik 45, 1997, 9,
S.422-429;
JP Patent Abstracts of Japan:
08015099 A;
08015098 A;
08068624 A;
08334442 A;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- 54 On-line Erfassungssystem mit Auswerteteil für rad- und gleisbezogene Daten für Hochgeschwindigkeitszüge

DE 198 27 271 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Konzeption bzw. Idee mit Realisierung entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs I (Hauptanspruch).

Es ist bekannt, daß die ICE-s und andere Züge keine spezielle Rad- und Gleis-Sensorik zur on-line Erfassung von Schäden und anderer Gefahren am Rad- und Gleissystem (während der Fahrt) besitzen; der genaue Aufbau des Fahrgestells von ICE-Zügen mit Drehgestell findet man z. B. in /1/. Die Laufwerksdiagnose einschließlich Radsatzdiagnose erfolgt im Rahmen von routinemäßig durchgeführten Instandhaltungsmaßnahmen /1/. Die Sichtung und Erfassung des Gleissystems selbst erfolgt über regelmäßig stattfindende Prüffahrten; so werden die Gleisgeometrien mit Hilfe spezieller Gleismeßzüge je nach Gleistyp in regelmäßigen Intervallen überprüft /2/. Auf ICE-Strecken erfolgt diese Wartungstätigkeit alle 3 Monate. Die Sichtung der Gleise auf Brüche und Risse erfolgt über sogenannte Gleisprüfzüge mit Hilfe von Ultraschallmessungen /2/.

Eine on-line-Erfassung von gleis- und radbezogenen Daten während einer Zug-Fahrt erfolgt bis dato nicht. Dies würde aber zu einer wesentlichen Erhöhung der Sicherheit bei Zugfahrten durch rechtzeitiges Reagieren auf Gefahren/Schäden am Rad-Gleissystem (z. B. durch ein eingeleitetes Bremsmanöver) hin führen.

Darüberhinaus könnte ein solches on-line-Erfassungssystem mit (Funk-) Anbindung an ein zentrales Datenbanksystem mit Auswerteteil einen Teil der regelmäßig stattfindenden Gleis-Prüffahrten reduzieren.

Ziel der Erfindung/Idee ist es, ein sensor-gestütztes on-line Erfassungssystem mit Auswerteteil von rad- und gleisbezogenen Daten zur Erhöhung der Zug-Sicherheit (während der Fahrt) und der Reduzierung von Prüffahrten am Gleissystem zu realisieren.

Dieses Ziel (Aufgabe) wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs I (Hauptanspruch) gelöst.

Die Hard- und Softwaremäßige Auslegung des Erfassungssystems mit Auswerteteil kann zum Teil – muß aber nicht – in bestehende Systeme, wie z. B. das Zugdiagnosesystem DAVID für ICE-s (s. /1/) eingebettet werden. Die mechanische Integration der Sensorik kann (prinzipiell) in das vorliegende Fahr- bzw. Drehgestellsystem von ICE-s (/1/, Formular B) oder anderen Zug-Fahrgestellen integriert werden. Die Erfindung selbst kann auf andere Hochgeschwindigkeitszüge (z. B. TGV) übertragen und realisiert werden.

/1/ Wolfram O. Martinsen, Theo Rahn, ICE, Zug der Zukunft, Hestra Verlag, 3. Auflage, 1997, ISBN 3-771-0272-5
/2/ Mündliche Anfrage der Autoren bei der Deutschen Bundesbahn, Köln/Leverkusen 1997

1. Einleitung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in beiliegenden Zeichnungen dargestellt und werden in den folgenden Kapiteln/Abschnitten näher beschrieben. Der prinzipielle Grundgedanke der Erfindung "zur online Erfassung und Auswertung von rad- und gleisbezogenen Daten während einer Zugfahrt zur Erhöhung der Zugsicherheit und Reduzierung von Gleisprüffahrten" wird hierbei in Zeichnung 1 wiedergegeben: Die während der Zugfahrt über geeignete Sensoren erfaßten Daten werden für die Auswertung an fahr- bzw. drehgestellbezogene lokale Rechner (sogenannte Drehgestellrechner) weitergeleitet, s. Zeichnung 3. Auf den Drehgestellrechnern werden die eingehenden Meßwerte einer zeitlichen und geometri-

schen Korrelationsanalyse unterworfen und als "Event" (z. B. als Entgleisen eines Radsatzes) interpretiert und an einen zentralen Rechner im Triebkopf (Triebkopfrechner) weitergeleitet. Dort werden alle eingehenden Events/Daten wiederum einer zeitlichen und geometrischen Korrelation unterworfen. Damit lassen sich die lokal von den einzelnen Drehgestellrechnern gemeldeten Events global weiter klassifizieren, s. hierzu Zeichnung 5. Diese so interpretierten Daten können dann per Funkschnittstelle an einen zentralen Datenbankserver (Gleisdatenbankrechner) für die Gleisüberwachung gesandt werden, s. Zeichnung 1.

Es zeigen:

Zeichnung 1: Konzeptübersicht

Zeichnung 2: ICE Mittelwagen

Zeichnung 3: Meßsensorik/Drehgestellrechner (DGR)

Zeichnung 4: Meßbeispiel

Zeichnung 5: Mögliche Eventkatalogisierung

Zeichnung 6: ICE Zug

Zeichnung 7: Triebkopf

2. Einsetzbare Sensoren

Die Sensorik dient der Erfassung verschiedener Meßgrößen, die zur Auswertung herangezogen werden. Es werden verschiedene Meßsensoren für verschiedene physikalische Größen benötigt.

2.1 Abstandssensor

Der Abstandssensor dient der Messung des Abstandes zwischen Radlager oder Drehgestell zur Schiene. Die Abstandsmessung stellt die zentrale Komponente im Meßsystem dar. Von ihrer Qualität ist das Gesamtergebnis des Systems abhängig. Ggf. werden im Bereich des Triebkopfdrehgestells weitere zusätzliche Sensoren benötigt.

Für die Erfassung des Abstandes kommen verschiedene Meßsysteme in Frage, auf die hier kurz eingegangen wird. Für die technische Realisierung wird die induktive Abstandsmessung favorisiert. Es ist zu ermitteln, ob es sich dabei tatsächlich um den für diese Aufgabe am besten geeigneten Sensor handelt.

– Induktive Messung

Die induktive Abstandsmessung sieht einen elektrischen Schwingkreis vor, in dem eine Spule frequenzbestimmendes Bauteil ist. Der Schwingkreis schwingt mit einer hohen Frequenz (z. B. 100kHz), die mit abnehmender Entfernung zur Schiene durch zunehmende Bedampfung kleiner wird. Der Sensor beinhaltet einen Meßumformer, der einer der Schwingkreisfrequenz proportionalen Spannung liefert. Damit liefert der Sensor eine dem Abstand proportionale Spannung.

– Interferometer (Laser)

Ein Halbleiterlaser sendet einen Strahl auf die Schiene. Eine Optik fängt einen Teil des von der Schiene reflektierten Strahls ein und bringt diesem mit einem aus dem Sendestrahle ausgekoppelten Teil zur Interferenz. Das entstehende Interferenzmuster wird von Fotodioden abgetastet. Die Dioden müssen so angeordnet sein, daß die Bewegungsrichtung des Musters erkennbar ist. Durch Zählung der Lichtimpulse kann die Abstandsänderung ermittelt werden.

– Mechanische Messung (mitgeführte Rolle mit Feder)

Eine zusätzliche Rolle läuft auf dem Gleis mit. Die Rolle ist so gelagert, daß mit einem Sensor (z. B. Drehwinkelgeber oder linearer Wegaufnehmer) die Bewegung mittels Standardsystemen in ein Meßsignal um-

gewandelt wird.

– Kapazitive Messung

Hier der Vollständigkeit halber mit erwähnt

– Ultraschallmessung

Hier der Vollständigkeit halber mit erwähnt.

2.2 Drehzahlsensor

Es muß die Drehgeschwindigkeit der Räder einer Achse gemessen werden. Dazu wird je Achse (Radsatz) ein Sensor benötigt. Dafür kann ein Standardsensor (Drehwinkelgeber) verwendet werden. Es kann ggf. auch ein bereits im System vorhandener Sensor genutzt werden.

2.3 Messung der Federeintauchtiefe

Es kann ggf. sinnvoll sein, zusätzlich an einigen Federn die Federeintauchtiefe zu messen. Dazu wird ein entsprechender Sensor benötigt. Hier kann ggf. ein handelsüblicher linearer Wegnehmer zum Einsatz kommen.

2.4 Körperschallsensor

Einen gewissen technischen Charme hat der Einsatz von Körperschallsensoren (Mikrofonen) an bestimmten Stellen im Drehgestell. Mit der entsprechenden Hard- und Software (siehe Drehgestellrechner) kann ein einfaches und wenig anfälliges System realisiert werden, das u. U. jedoch technisch schwerer zu realisieren ist und nicht so genau funktionieren wird. Es bleibt jedoch zusätzlich in der Betrachtung.

2.5 Weitere Sensoren

Es bleibt zunächst offen, ob weitere Sensoren benötigt werden. Die Sicherheit kann durch Messung weiterer Größen ggf. noch gesteigert werden. Inwieweit das sinnvoll ist, bleibt einem Praxistest vorbehalten.

3. Geometrische Anbringung der Sensoren

Die Sensoren werden an bestimmten Stellen im Drehgestell angeordnet. Da nicht unbedingt jeder Wagen ein Drehgestell hat, kann es sich hierbei auch um das Fahrgestell handeln. Da sich das Konzept zunächst jedoch auf den ICE konzentriert, wird ohne Beschränkung der Ausführungen fortlaufend vom Drehgestell gesprochen.

3.1 Abstandssensoren

Es sind verschiedene Punkte denkbar, an denen die Sensoren angebracht werden können. Die Beste sollte experimentell ermittelt werden. Die Sensoren müssen genau über der Lauffläche der Schiene positioniert werden, um so den genauen Abstand messen zu können. Es kann ggf. möglich sein, daß auch mehr oder weniger als 2 Sensoren je Radsatz zum Einsatz kommen. Hier wird im weiteren zunächst vom Einsatz von 2 Abstandssensoren ausgegangen.

Die Zeichnung 2 zeigt schematisch einen ICE Mittelwagen mit seinen 2 Drehgestellen von der Seite. Es werden je Radsatz 2 Sensoren benötigt 4 je Drehgestell. Da es sich um eine Seitenansicht handelt, sind je Drehgestell nur 2 Sensoren zu erkennen. Es sind mehrere Möglichkeiten der Anbringung eingezeichnet. Eine Konstellation sollte sich im Praxistest als ausreichend erweisen. Es werden nachfolgend zwei denkbare Anordnungen beschrieben:

– Befestigungspunkt A

Die Sensoren befinden sich mit ihrer Aufhängung am Rand des Drehgestells und liegen damit schwingungstechnisch schon hinter der ersten Bedämpfung. Vorteil dürfte eine größere Laufruhe sein, nachteilig ist jedoch die Entkopplung vom Radsatz, wodurch feine Bewegungen der Radsätze eher schlecht zu erfassen sind.

– Befestigungspunkt B

Die Sensoren befinden sich mit ihrer Aufhängung am Lagerpunkt des Radsatzes und bekommen somit jede relative Bewegung zur Schiene genau mit. Vorteil dürfte die genauere Erfassung aller Bewegungen sein, nachteilhaft könnte jedoch die größere Schwingung und Vibration sein.

– Andere Befestigungspunkte

Darüber hinaus sind weitere Positionen der Sensoren denkbar (z. B. zwischen den Radsätzen). Die Anzahl der Sensoren kann in Abhängigkeit der Ergebnisse experimenteller Versuche noch variieren.

3.2 Drehzahlsensor

Der Drehzahlsensor (Drehwinkelgeber) sitzt an beliebiger Stelle auf oder an der Achse jedes Radsatzes des Drehgestells. Da der Radsatz gegenüber dem Drehgestell gefedert gelagert ist, ist der Drehwinkelgeber bevorzugt im Lagerpunkt der Achse anzubringen und zu befestigen. Sollte keine günstiger Punkt zur Anbringung gefunden werden, kann versucht werden, vorhandene Komponenten zur Drehzahlgewinnung zu nutzen. Dazu kann z. B. ein Hallsensor oberhalb der Innenbelüftung einer Brems Scheibe angebracht werden. Ggf. kann hierzu ein kommerziell erhältlicher Sensor eingesetzt werden.

4. Halterung der Sensoren

Die Sensoraufhängung dient der Fixierung der Sensoren auf ihrer Position über der Schiene und der Befestigung an der Radaufhängung am Drehgestell. Im folgenden wird exemplarisch auf die Abstands- und Drehwinkelsensoren eingegangen.

4.1 Abstandssensoren

Die Aufhängung ist abhängig vom Befestigungspunkt. Je nach diesem werden unterschiedliche Befestigungsgestelle benötigt die an verschiedenen Stellen mit dem Radsatz/Drehgestell verbunden sind. In Zeichnung 2 sind verschiedene mögliche Aufhängungspunkte eingezeichnet.

Die Sensoraufhängung sollte möglichst masse-, verwindungs- und schwingungsarm sein, damit der Sensor möglichst genau der Bewegung des Aufhängungspunktes folgt und eine möglichst geringe Eigenbewegung erfährt. Dadurch wird eine große Genauigkeit erreicht.

4.2 Drehzahlsensor

Wenn der Drehwinkelgeber im Lagerpunkt der Achse angebracht wird, wird keine besondere Aufhängung benötigt. Sollte der Geber zwischen den Rädern im Bereich der Brems Scheiben sitzen, kann der feststehende Teil des Gebers mit einer speziellen, ggf. abgefederten Führung am Drehgestell befestigt werden, oder an der Halterung der Bremszangen mitbefestigt werden.

5. Eigenschaften der Sensoren

Bedingt durch den "rauen" Einsatzbereich werden an die

Meßsensoren (insbesondere für die Abstandsmessungen) besondere Anforderungen gestellt:

– Robustes Gehäuse

Der Sensor sollte möglichst kompakt in seinem Gehäuse sitzen. Denkbar ist ein Metallrohr mit eingegossener Elektronik und Kabeldurchführung an einem Ende, ähnlich existierender Initiatoren.

Wasserdichtigkeit/Schmutzdichtigkeit

Der Sensor muß im robusten Umfeld wasserdicht (Regen, Luftfeuchtigkeit, . . .) und somit auch schmutzdicht sein. Wasser und Verschmutzungen dürfen keinen nennenswerten Einfluß auf das Meßergebnis haben.

– Temperaturunabhängigkeit

Der Sensor muß gegen dem Einsatzbereich entsprechenden Temperaturschwankungen unempfindlich sein. Das kann auch durch elektronische Temperaturkompensation erreicht werden.

Für die hier schwerpunktmäßig betrachteten Abstands- und Drehzahlsensoren ist speziell zu fordern:

5.1 Abstandssensor

– Ortsauflösung

Die Ortsauflösung muß auch bei hohen Geschwindigkeiten (z. B. 500km/h) so hoch sein, daß z. B. der "Spalt" an einem Weichenherzstück sauber erkannt werden kann.

– Eigensicherheit

Es ist nicht ausreichend, nur das Meßsignal der Sensoren auszuwerten. Die online Information zur Funktionsfähigkeit des Sensors kann z. B. dadurch realisiert werden, daß der induktive Sensor ein frequenzgeteiltes Digitalsignal auf einer zusätzlichen Ader mitsendet, an dem erkannt werden kann, ob der Schwingkreis noch ordnungsgemäß arbeitet.

– Geringe Eigenmasse

Da das System Rad/Schiene in Bewegung ist, sind Schwingungen und Vibrationen bei der Meßwerterfassung zu berücksichtigen. Um eine möglichst große Genauigkeit zu erzielen, sollte der Sensor möglichst leicht sein, um in seiner Aufhängung möglich wenig in Schwingung zu geraten. Er soll möglichst präzise die Bewegung seiner Aufhängung mitmachen. Die Sensorelektronik sollte daher möglichst klein und kompakt ausgelegt sein.

5.2 Drehzahlsensor

– Die Drehwinkelauflösung des verwendeten Sensors sollte möglichst hoch sein ($\leq 360^\circ$) um möglichst schnell und präzise Änderungen der Drehzahl und unruhigen Lauf erkennen zu können.

6. Drehgestellrechner (DGR)

In jedem Drehgestell (ggf. Fahrgestell, wenn kein Drehgestell vorhanden) befindet sich ein Drehgestellrechner (DGR). Der DGR hat die Aufgabe, die durch die Sensorik erfaßten Meßwerte zu verarbeiten. Am DGR ist die im Drehgestell installierte Sensorik angeschlossen (siehe Zeichnung 1 und 3).

Für die Drehgestelle der Triebköpfe kann u. U. die gleiche Sensorik verwendet werden, wie in den Drehgestellen der Mittelwagen. Es ist denkbar, im Triebkopf weitere Sensoren anbringen, um Größen zu erfassen, die nicht der Sicherheit dienen, sondern zusätzliche Informationen über das

Gleis liefern:

– Spurweitemessung

Die Spurweitemessung kann durch Abstandssensoren vorgenommen werden, die von der Innenseite den Abstand zwischen Drehgestell oder Radaufhängung zur Schiene messen.

– Sonstige Zusatzsensorik

Durch Anbringung weiterer Sensorik ist es möglich, hier weitere Gleisgrößen zu erfassen.

Der Triebkopf eignet sich deshalb, weil er nur zwei mal an einem Zug vorhanden ist. Diese zusätzliche Sensorik würde in den Mittelwagen weniger Sinn machen.

6.1 Hardware

Es muß eine wagenübergreifende Verbindung des Bussystems realisiert werden. Dadurch werden alle DGR miteinander verbunden, und an den Triebkopfrechner angebunden, der nur in einem der Triebköpfe benötigt wird (Zeichnung 1 und 6). Jedem DGR ist eine eindeutige ID (kurz DGR-ID) für die drehgestellübergreifende Meßwertanalyse zugeordnet.

6.1.1 Grundausstattung

Der DGR besteht z. B. aus einem Microcontroller (MCU) mit Flash-ROM und AD-Wandler. Im AD-Wandler werden die Meßwerte der Abstandssensoren in digitale Werte umgewandelt und vom MCU verarbeitet. Die Samplerate muß hoch genug sein, um auch bei hohen Geschwindigkeiten eine nahezu punktuelle streckenbezogene Auflösung zu gewährleisten. Alle DGR's sind über ein galvanisch abgetrenntes Bussystem miteinander wagenübergreifend verbunden. Hierzu eignet z. B. ein CAN Bus. Die am DGR angeschlossenen Meßsensoren werden z. B. durch kontinuierliche Messung der Stromaufnahme überwacht. Diese Maßnahme ist ein Teil der Selbstüberwachung des Systems und stellt sicher, daß elektronisches Versagen oder ein Sensorabrieb möglichst sofort bemerkt wird. Bei Einsatz der induktiven Abstandsmessung wird durch z. B. durch einen Zähler je Sensor das heruntergeteilte Signal mitgezählt, um somit eine Funktionskontrolle der Sensoren zu ermöglichen (siehe Abstandssensor).

Die Software ist in einem Flash-ROM abgelegt und sollte extern programmierbar sein (ggf. über das Bussystem). Damit könnte ein Softwareupdate sogar vom Triebkopfrechner aus erfolgen. Es ist auch möglich, das gar kein ROM enthalten ist, und sich jeder DGR sein Betriebsprogramm per Bootstrap vom Triebkopfrechner holt.

Für die Körperschallsensorik (als ggf. zusätzlich benötigte Komponenten) wird ein Digitales Signalprozessor (DSP) System benötigt um die erforderliche Fast Fourier Transformation (FFT) durchführen zu können. Das DSP System ist über eine Schnittstelle an die MCU des DGR's angeschlossen.

6.1.2 Sonstige Eigenschaften

Hier gelten nahezu die gleichen Anforderungen wie für die Sensorik. Sollte es sich als zu aufwendig herausstellen, den DGR in das Drehgestell einzubauen, kann auch optional eine Verlegung in den Wagenkasten erfolgen. Dies hätte jedoch zum Nachteil, daß die Sensorik sich weiter entfernt vom DGR befindet, und alle Meßleitungen über das Drehgestell bis in den Wagenkasten geführt werden müssen. Sollte sich diese Konstruktion jedoch als sinnvoll erweisen, wäre

es auch denkbar, nur einen DGR je Wagen zu nutzen, der dann beide Drehgestelle bedient. Es wird jedoch zunächst davon ausgegangen, daß je Drehgestell ein DGR zum Einsatz kommt.

– Vibrationsfestigkeit

Der DGR muß vibrations sicher sein. Da er sich im Drehgestell befindet, ist er erhöhten mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt.

– Wasserdichtigkeit

Da sich der DGR außerhalb des Wagenkastens befindet, ist er rauen Umwelteinflüssen ausgesetzt, und muß daher vollständig gekapselt sein. Besonderes Augenmerk ist hierbei auf die Durchführung der Anschlüsse zu achten, da sich erhöhte Druckverhältnisse durch Fahrtwind ergeben können.

– Temperaturkompensation

Der DGR muß zuverlässig über den gesamten möglichen Temperaturbereich funktionieren. Dazu können auch verschiedene Schaltungsteile notwendig sein (z. B. Kompensation am Flash-Wandler)

– Bauform

Der DGR sollte als eine Art "Black-Box" realisiert werden, der nur einen einzigen Anschlußstecker hat. Ggf. ist eine Konstruktion als "plug in" Bauteil vorteilhaft. Der DGR ist somit leicht von unten auswechselbar.

6.2 Software

Hier werden nur die für die Idee der Konzeption relevanten und notwendigen Softwarekomponenten im Sinne einer Grobspezifikation aufgezählt.

Die während der Fahrt vom DGR aufgenommenen Meßwerte werden einer zeitlichen und geometrischen Korrelationsanalyse unterzogen und darüber interpretiert.

6.2.1 Grundausrüstung/Funktionsprinzip

– Die 4 Abstandssensoren liefern fortlaufend den Abstand zwischen Drehgestell und Schiene. Durch die hohe Samplerate des AD-Wandlers kann die Software nahezu kontinuierlich erfassen, wie hoch der genaue Abstand zwischen Drehgestell und Schiene ist.

Die Funktionsweise der Software soll an folgendem Beispiel exemplarisch erklärt werden:

Überführung eines Spaltes im Herzstück einer Weiche (Zeichnung 4):

Es wird in Zeichnung 3 angenommen, daß sich das Drehgestell auf dem Gleis langsam von links nach rechts bewegt und daß sich auf der einen Gleisseite das Herzstück einer Weiche mit einer kurzen systembedingten Vertiefung/Einkerbung in der Schiene befindet. Die benannte Einkerbung befindet sich in diesem Beispiel auf der in der Zeichnung 3 angegebenen Seite mit den Sensoren und 2. Der Abstandssensor 1 passiert zuerst den Spalt (siehe Zeichnung 4). Der Abstand zwischen Sensor und Schiene vergrößert sich kurzzeitig signifikant, um danach für eine kurze Zeit wieder den ursprünglichen Abstand zu messen. Der erste Radsatz passiert nun den Spalt. Das Rad sackt ein Stück nach unten in den Spalt und kommt nach Passieren des Spaltes wieder auf seine vorherige Höhe zurück. Dieses "Abtauchen" wird vom Abstandssensor 1 bemerkt er kommt für einen kurzen Moment der Schiene näher. Der zweite Radsatz kommt nun auf den Spalt zu, und der Ablauf wiederholt sich entsprechend umgekehrt.

Das Rad "taucht" ab, der zugehörige Sensor 2 nähert sich kurz der Schiene, und abschließend kommt der Sensor 2 selbst über dem Spalt vorbei, und liefert eine kurze aber hohe Abstandsänderung an den DGR. Dieser Gesamtvorgang läßt sich vom DGR als Weichen-Event interpretieren; den qualitativen Meßverlauf hierzu findet man in Zeichnung 4 wiedergegeben.

– Ggf. zusätzlich benötigte Komponenten

Sollte der Körperschallsensor mit DSP zum Einsatz kommen, ist für das DSP System auch Software erforderlich. Das Signal vom Körperschallsensor wird mit einer hohen Abtastrate digitalisiert und einer Fast Fourier Transformation (FFT) unterzogen, um die Amplitudenwerte über das Frequenzspektrum zu gewinnen. Dadurch wird eine Differenzierung der im Drehgestell entstehenden Vibrationen möglich und eine Zuweisung der Geräusche zu bekannten Ereignissen (z. B. Geräusch kommt vom Schleifen des Spurkranz an der Schieneninnenseite, . . .) kann hergestellt werden. Der DSP vergleicht dazu das gewonnene Spektrum fehler tolerant gegen eine Sammlung von Normspektren, die auf Meßfahrten ermittelt wurden. Dabei muß auch das Überlappen von mehreren bekannten Ereignissen berücksichtigt werden. Bleiben nach der Zuweisung nicht interpretierbaren Spektren stehen, ist davon auszugehen, daß ein sogenanntes Event (Sonderereignis) aufgetreten ist. Dieses Event wird an den eigentlichen DGR übergeben. Es ist auch denkbar, daß hier zur schnellen Signalverarbeitung und zum Vergleich mehrere Systeme mit Aufgabenteilung zum Einsatz kommen.

6.2.2 Events

Ein Event ist eine vom DGR softwaremäßig interpretierte Meßwertanalyse, die eine vom normalen Verhalten (Geradausfahrt auf idealisiertem Gleis) abweichende Bewegung eines Radsatzes oder des gesamten Drehgestells entsprechen kann. Auch Störungen in der Schiene oder normale systembedingte Vorkommnisse (z. B. an Weichen) können ein Event sein. Die meisten Events sind bezüglich der Signalerfassung auch von der jeweils aktuellen Fahrtgeschwindigkeit abhängig. Wichtige systemspezifische Vorgänge im DGR können auch ein Event sein (z. B. neu booten des DGR's, detektierter Sensorausfall, . . .). Alle Events werden als Eventpäckchen über das Bussystem an eine zentrale Stelle weitergeleitet. Die eigentlichen eventdefinierenden Rohdaten (Sample Werte) werden als solche nicht versendet. Es werden nur wichtige Eckwerte des Events versendet. Den eventbezogenen Daten werden noch weitere Informationen hinzugefügt. Die nachfolgende Aufzählung erhebt derzeit keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Folgende Informationen können sinnvoll sein

– Eventbezogene Daten

Event Typ, Länge des Events, maximale Amplitude, DGR-ID

– Timestamp

Der DGR gibt seine aktuelle Timestamp mit, um eine genaue zeitliche Zuordnung aller Events zu ermöglichen, und damit einen chronologischen Vergleich mit von anderer DGR's gelieferten Events machen zu können.

– Aktuelle eventbegleitende Werte

Genauere momentane Drehzahl Radsatz 1 und 2

Der DGR erzeugt in regelmäßigen Abständen (z. B. alle 60 Sek.) ein Alive Event, auch wenn sonst keine Events erkannt wurden. Dadurch signalisiert der DGR seine korrekte Funktion. Durch die im Event enthaltene Timestamp ist es außerdem möglich, an zentraler Stelle in einem weiteren System (Triebkopfrechner) die Zeiten aller DGR's zu synchronisieren.

6.2.3 Softwaremäßige Erkennung von Ereignissen und systembedingten Einflüssen

Die nachfolgenden Ereignisse spielen bei der Fehlererkennung eine Rolle. Werden gewisse, im System vorgehaltene gleitende Grenzwerte überschritten, wird ein Event gemeldet. Der DGR differenziert hierbei, um was für eine Art Event es sich handelt. Es wird zwischen fatalen und normalen Events unterschieden.

Die nachfolgende Aufstellung hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit sondern soll die z.Z. denkbaren Events erklären.

6.2.3.1 Erkennung fataler Fehler

Fatale Fehler, die ggf. einen Unfall verursachen können, müssen sauber erkennbar sein und liefern ein entsprechendes Event. Es ist wichtig, daß der DGR diese Events eindeutig als Event erkennt, da bei Events dieser Art Gefahr im Vollzug sein kann. Eine saubere Erkennung des Eventtyps ist hier wichtig.

– Beschädigungen an Radreifen

Beschädigungen an der Lauffläche haben einerseits u. U. einen unrunder Lauf zur Folge, der ggf. auch durch den entsprechenden Drehwinkelgeber erkannt werden kann, oder führt zu einer mit dem Radsatzdrehwinkel korrelierten Abstandsänderung des entsprechenden Sensors. Dieses Event ist somit klar zu erkennen. Darüber hinaus dürften sich die differenzierten Amplitudenwerte stark von denen eines normalen Abrollens unterscheiden.

– Verlust von Radreifen

Der Verlust eines Radreife durch Abspringen und Mitschleifen oder völligem Verlust des Radreife wird zuverlässig durch hohe Abstandsänderung des zugehörigen Abstandssensors erkannt. Auch hier ist eine Korrelation mit dem Radsatzdrehwinkel möglich, jedoch vermutlich nicht so synchron wie bei einer bloßen Beschädigung der Lauffläche. Ggf. kann die Wucht des Abplatzens auch den Sensor beschädigen oder wegreißen.

– Achsbruch

Ein Achsbruch dürfte sich neben dem u. U. asynchronen Verhalten der Drehwinkelsignale auch in starken Vibrationen des entsprechenden Radsatzes bemerkbar machen. Diese werden über die zum Radsatz gehörenden Abstandssensoren erfaßt.

– Entgleisen von Radsätzen

Das Entgleisen eines Radsatzes läßt sich durch kurzzeitige einseitige Abstandserhöhung im Moment des Überrollens der Schiene durch den Spurkranz mit anschließendem Fehlen des Abstandssignals am entsprechenden Radsatz feststellen, da nach der Entgleisung keine Schiene mehr unter dem Radsatz vorhanden ist, der Radsatz "hängt" in der Luft.

– Entgleisen von Drehgestellen Das Entgleisen eines kompletten Drehgestells stellt sich für den DGR ähn-

lich dar, wie für das Entgleisen eines Radsatzes, nur das (vermutlich nicht synchron) beide Radsätze das selbe Verhalten zeigen.

6.2.3.2 Erkennung von normalen Events

Normale Events sind Ereignisse, die jederzeit im System Rad/Schiene vorkommen können, und ggf. auch Interpretationstechnische Relevanz haben können. Einige dieser Events haben ein sehr ähnliches Erscheinungsbild, so daß hier nicht immer eine saubere Klassifizierung der Events an sich möglich sein wird, das Event aber trotz dem sauber erfaßt wird. Als normale Events sind hier exemplarisch aufzuführen:

– Drehgestellschlingern im Gleis (translatorisch/rotatorisch)

Das Drehgestell ist nicht starr, sondern besitzt eine gewisse Eigendynamik. Dieses sollte, solange es einen gewissen Schwellwert nicht überschreitet, nicht zu einem Event führen. Da von der Schlingerbewegung alle vier Sensoren gleichermaßen betroffen sind, sollte eine einwandfrei Erkennung möglich sein. Bei Überschreitung gewisser differenzierter Amplitudenwerte wird ein Drehgestellevent (schlingern) erkannt. An dieser Stelle kann es ggf. auch sinnvoll sein, dazu eine FFT zu Hilfe zu nehmen.

– unrunde Räder/Radreifen

Unrunde Räder oder Radreifen können durch rad- oder radsatzbezogene leichte, zum zugehörigen Drehwinkelgeber synchron laufende Abstandsänderungen erkannt werden. U.U. ist es auch möglich, dieses Event zusätzlich durch einen leichten Jitter im Verhältnis der beiden Drehwinkelsignale synchron zur Radsatzdrehzahl zu detektieren. Eine Überschreitung eines vordefinierten Schwellwertes läßt dieses Event auftreten.

– lose sitzende Radreifen

Lose sitzende Radreifen sind schwer zu erkennen. Die größte Chance könnte sich beim Bremsvorgang ergeben, wenn durch ein Verdrehen eines Radreife die Drehwinkelgeber kurzzeitig (für den Zeitraum der Verdrehung) ein übermäßig asynchrones Signal liefern. Die Abstandssensoren werden vermutlich dazu kein auswertbares Signal liefern. Ein solches Event ist eventuell nur spekulativ zu sehen, sollte aber bei häufigem Auftreten ernst genommen werden.

– Schäden in der Schienenoberfläche

Schäden in der Schienenoberfläche laufen mit Drehgestellgeschwindigkeit einseitig unter den Abstandssensoren durch. Dieser Vorgang sollte gut erkennbar sein, und bei Überschreiten einer bestimmten Schwelle ein Event erzeugen.

– Schäden an Schweißnähten

Schäden an Schweißnähten dürften sich in gleicher Form erkennen lassen, wie allgemeine Schäden in der Schienenoberfläche. Bei einem Riß kann jedoch u. U. ein anderes Signal mit den Abstandssensoren gewonnen werden, da sich durch den kleinen Spalt die magnetischen Eigenschaften ändern. Dieser Vorgang wird bei Überschreiten einer bestimmten Schwelle ein Event erzeugen.

– Größere Schienenrisse

Größere Schienenrisse geben das gleiche "Bild" ab, wie die allgemeinen Schäden an einer Schiene, nur mit größerer Amplitude.

– Überfahren von gelaschten Schienenverbindungen Das überfahren von gelaschten Schienenverbindungen

erzeugt ein ähnliches Signal, wie die zuvor genannten Vorgänge. Es ist jedoch u. U. möglich, daß durch den ggf. größeren Abstand der beiden Schienen und des Höhenunterschiedes ein Signal erzeugt wird.

Dieser Vorgang stellt eher eine Ausnahme dar, da diese Art von Verbindung fast nur in Bauabschnitten eingesetzt wird, und somit eigentlich keine Relevanz besitzt. Da jedoch nicht auszuschließen ist, daß ein Hochgeschwindigkeitszug auch (langsam) durch einen solchen fährt, sei er hier der Vollständigkeit halber erwähnt.

– Passieren von Weichen

Beim Überfahren von Weichen wird auf der das Herzstück passierenden Schiene der Spalt gemessen. Es ist ein eindeutiges Schienen-Event, das wie das Schweißnaht-Event erkannt wird, jedoch mit viel größerer Amplitude und größerer Länge.

– Senkungen im Gleisbett

Senkungen im Gleis lassen sich alleine durch den DGR eher schlecht erfassen. Die in Fahrtrichtung befindlichen Abstandssensoren messen beim Einfahren in die Senkung bedingt dadurch, daß sie sich nicht lotrecht zur Radsatzlagerung befinden, für einen kurzen Zeitraum einen flachen, leichten Anstieg der Entfernung zur Schiene, und beim Ausfahren aus der Senkung eine eben so verlaufenden Annäherung. Dieser Vorgang wird bei Überschreiten einer bestimmten Schwelle ein Event erzeugen.

6.2.3.3 Kompensation von bekannten Effekten

Bekannte Effekte sind Ereignisse, die jederzeit im System Rad/Schiene vorkommen können und auch meßtechnisch relevant sind, jedoch nicht zu einem Event führen sollen, da sie weder Hinweise auf bestehende Unsicherheiten geben können, noch der Orientierung dienen. Zu nennen sind hier:

– Störfelder durch induktive Zugsicherung oder sonstige bahnspezifische Melder

Solche Störfelder werden ähnlich den zuvor beschriebenen allgemeinen Schienenschäden erfaßt, haben jedoch ein deutlich schwächeres Signal, das durch die relativ große räumliche Ausdehnung des Melders eher länger ist, und nur 2 mal je Drehgestell gemessen wird, da der Vorgang keine Einwirkung auf die Radsätze selbst hat.

– Überfahren von Schweißstellen

Schweißnähte haben u. U. andere magnetische Eigenschaften als das normale Schienenmaterial und werden daher beim überfahren durch die Sensoren gemessen. Der DGR kann dieses Event eindeutig als Gleis-Event erkennen, da die Naht nacheinander an beiden Sensoren vorbei kommt. Ein Gegenrechnen gegen die aktuelle Geschwindigkeit (Drehwinkelgeber) belegt dieses Event.

Verschiedene Schienenmaterialien

Da die Schienen keine exakt gleichen magnetischen Eigenschaften haben, wird nach jeder Schweißnaht ein geringfügig anderer Abstand gemessen werden. Dieses wird voraussichtlich keinen nennenswerten Einfluß haben, und sollte durch gleichmäßiges Einwirken auf alle Sensoren erkannt werden können und nicht zu einem Event führen.

– Induktive Störfelder durch z. B. Schienenrückströme

Solche Störfelder sind i.d.R. sehr niederfrequent (z. B. 16 2/3 Hz) und wirken auf alle Abstandssensoren nahezu gleichzeitig und mit gleicher Intensität. Solche

Felder sollten softwaremäßig erkennbar sein.

– Signalinterpretation bei beschleunigten Bewegungen

Durch Eintauchen der Drehgestelle und Radsätze in die jeweiligen Federungen werden die Abstände beim Beschleunigen und Abbremsen mit einem verzögerungsabhängigem Offset behaftet. Dieser Effekt kann durch die Achsdrehzahländerung über die Drehwinkelgeber der Radsätze kompensiert werden.

– Störfelder durch Rück- und Kopplungsströme

Die induktiven Abstandssensoren induzieren in der Schiene einen geringen Wirbelstrom der durch die Bewegung des Meßsystems in Fahrtrichtung einen Rückstrom im Sensor erzeugt. Dieser sollte algorithmisch kompensierbar sein.

– Erdmagnetfeld, lokale Erdmagnetfeldeffekte (z. B. Inhomogenitäten)

Das geringe Erdmagnetfeld sollte keinen nennenswerten Einfluß auf das Sensorsignal haben da es lokal gesehen nahezu konstant ist. Sollte dem nicht so sein, wirkt es gleichmäßig auf alle Sensoren, und kann damit kompensiert werden.

– Corioliskraft

Durch die Corioliskraft können u. U. vorwiegend auf Strecken in nord-süd Richtung einseitige Abnutzungserscheinungen am Gleis entstehen. Da es sich hierbei um einen sehr langsam wirkenden Effekt handelt, und wahrscheinlich auf das Meßsystem keinen nennenswerten Einfluß hat, kann er vermutlich vernachlässigt werden.

6.2.4 Redundanz bei der Meßwerterfassung

Um eine im Fall des Versagens eines Sensors weder auf die sichere Erkennung von Events verzichten zu müssen, noch eine durch eine Überinterpretation ein nicht vorhandenes Event zu erzeugen, ist eine Plausibilitätsprüfung der Sensorsignale empfehlenswert.

– Abstandssensoren

Gleisbezogene Events kommen immer unter mindestens 2 Abstandssensoren vorbei. Neben der normalen Sensorüberwachung können über solche Events immer 2 Sensoren gegeneinander überwacht werden (Zeichnung 3, Sensor 1 und 2, Sensor 3 und 4).

– Drehwinkelgeber

Die Drehwinkelgeber der Radsätze sollten unter normalen Bedingungen ein nahezu identisches Signal liefern, wenn man voraussetzt, daß zwischen den beiden Radsätzen ein nahezu vernachlässigbarer Schlupf besteht. Eine Fehlmessung kann somit zumindest erkannt werden. Ein Totalausfall eines Drehwinkelgebers wird durch Ausbleiben der Winkelimpulse erkennbar. Sollte eine zu große Differenz zwischen den beiden Drehwinkelsignalen liegen, besteht entweder ein akutes Problem (Event !) oder ein Geber ist defekt. Um festzustellen, welcher der beiden Geber die falschen Informationen liefert, kann ein Gleisevent herangezogen werden. Da ein Gleis- oder Schienenevent unter beiden Radsätzen nacheinander "vorbei kommt", kann auf Grund des bekannten Abstands zwischen den Abstandssensoren die Geschwindigkeit ermittelt werden. Diese Information wird gegen die der Drehwinkelgeber verglichen.

7. Triebkopfrechner (TKR)

TKR hat die Aufgabe, die von den DGR's gemeldeten lo-

kalen Events auszuwerten und zu sammeln. Eine schematische Darstellung des TKR's befindet sich in Zeichnung 7.

7.1 Hardware

Bei der Hardware handelt es sich im weitesten Sinn um einen kommerziellen Rechner mit einer Festplatte, der eine Schnittstelle zum Bussystem der DGR's hat. Beim Zugführer ist ein Display vorhanden. Eine direkte Verbindung zum Schnellbremssystem sollte ebenfalls bestehen. Zusätzlich kann der TKR optional über eine Funkdatenverbindung eine Verbindung zu einem zentralen Gleisdatenbanksystem aufbauen, um Streckenbezogene Events zur weiteren Auswertung zu liefern. Dieses System stellt eine optionale Ergänzung zum Konzept dar. Es könnte sinnvoll sein, den TKR redundant auszuliegen, oder fehlertolerante Hardware einzusetzen (z. B. ECC RAM, . . .).

7.2 Software

Hier werden nur die für die Idee der Konzeption relevanten und notwendigen Softwarekomponenten im Sinne einer Grobspezifikation aufgezählt.

Der TKR verarbeitet alle von den DGR's gemeldeten Events und führt eine zeitliche und geometrische Korrelationsanalyse durch. Die lokal von den DGR interpretierten Events lassen sich damit global weiter klassifizieren bzw. einordnen (Zeichnung 5).

Prinzipiell werden alle Events in eine Datenbank eingestellt, die über die Funkdatenverbindung optional zu einem zentralen Gleisdatenbanksystem gesendet werden können. Aufzuzählen sind hier:

– Gleis-Event

Gleisevents sind Events, die alle DGR's nacheinander in Fahrtrichtung bemerkt haben. Anhand der in den Eventmeldungen enthaltenen Timestamps kann eine eindeutiger chronologischer Zusammenhang zwischen verschiedenen, von den DGR's gemeldeten Events hergestellt werden. Der Zeitversatz entspricht der aktuell gefahrenen Geschwindigkeit, bezogen auf die Entfernung der Drehgestelle zueinander. Diese Events werden zusammengefaßt, und als ein individuelles Gleisevent in die Datenbank des TKR's eingestellt.

– Drehgestell-Event

Drehgestellevent sind Events, die nur von einem Drehgestell kommen, und ggf. auf Probleme mit dem entsprechenden Drehgestell hinweisen. Bei häufigen Events dieser Art vom selben DGR muß von einem Problem im Drehgestell oder Radsatz (je nach Event) ausgegangen werden. Diese Events werden bei höherer Relevanz (häufiges Auftreten) ebenfalls in die Datenbank eingestellt, und eine Meldung an den Zugführer ausgelöst.

Die Software verfügt über folgende, weitere Funktionen:

– Redundanz

Gleisevents, die von einem oder wenigen DGR's nicht gemeldet werden, und Gleisevents die nur von einem oder wenigen DGR's gemeldet werden, deuten u. U. auf ein Problem der jeweiligen DGR's hin. Klarheit kann hier eine im TKR mitlaufende Meldestatistik liefern.

– Informationsdisplay/Alarmmelder beim Zugführer
Der Zugführer sollte die Möglichkeit haben, bei leichten Störungen im Drehgestellbereich selbst zu entscheiden, was zu tun ist. Dazu ist der TKR mit einem

Display beim Zugführer verbunden auf dem entsprechende Meldungen ausgegeben werden können. Optional ist zusätzlich eine Alarmlampe/Hupe vorzusehen.

– Anbindung an das Schnellbremssystem

Massive Störungen, wie Entgleisung von Radsätzen oder Drehgestellen, erzeugen in kurzer Zeit eine hohe Anzahl entsprechender Events (Radsatz-/Drehgestellentgleisung, ggf. auch in Kombination mit weiteren Events). Bei massiven Störungen könnte es sinnvoll sein, über eine Verbindung zum Schnellbremssystem eine Schnellbremsung einzuleiten.

– Funkdatenverbindung

Über eine Schnittstelle ist der TKR an einen Funkdatensender angeschlossen. Die Funkdatenverbindung ist optional, und dient nicht der Erhöhung der Sicherheit. – TKR bildet ähnliches System wie "Black Box" beim Flugzeug

Durch das mitloggen von Events in der Datenbank des TKR wäre es denkbar, die dort gesammelten Daten im Fall eines Unfalls nachträglich auszuwerten, und somit einen genauen Aufschluß über den Unfallhergang zu bekommen. In diesem Fall stellt das System TKR ein ähnliches System dar, wie die sog. Black-Box (Flugdatenrecorder und Stimmrecorder) beim Flugzeug.

– Funkdatenverbindung

Die Funkdatenverbindung ist optional, und dient der Übermittlung von streckenbezogenen Events an ein zentrales Gleisdatenbanksystem zur weiteren Auswertung. Es ist ausreichend, wenn der Funklink nur während der Haltezeit in größeren Bahnhöfen genutzt werden kann. Somit beschränkt sich die Einrichtung von festen Gegenstellen auf einige wenige Punkte im Streckennetz. Datensätze die versendet worden sind, werden aus der TKR Datenbank ausgetragen.

8. Zentralrechner (Gleisdatenbankrechner, GDBR)

Im Gleisdatenbankrechner sind die über die jeweiligen Triebkopfrehner empfangenen Meßwerte datenbanktechnisch zentral zu halten und auszuwerten. Die Kommunikation zwischen den einzelnen Triebkopfrehner und dem zentralen Gleisdatenbankrechner ist (neben späteren Anwendungen) für den Datentransfer bidirektional auszuliegen. Grundlage einer Hard- und Softwarespezifikation für das hier vorgeschlagene Konzept ist die genaue Erarbeitung eines Datenmodells einschließlich einer Datenflußanalyse, und zwar im Hinblick auf eine datenmäßige Einbettung in die bereits bestehende Infrastruktur der Bahn. Die (Software-)Spezifizierung für die (automatisierte) Auswertung der erhaltenen gleisrelevanten Daten ist ebenfalls in Zusammenhang mit (ggf.) bereits bestehenden Softwarekomponenten durchzuführen. Dazu kann ein Standard Datenbanksystem (z. B. Oracle) eingesetzt werden, das über eine Schnittstellenanbindung an die Funkschnittstellen der Bahnhöfe zum Einlesen der Triebkopfrehnerdaten angeschlossen ist. Ein weiterer Datenlink zu bestehenden Bahn-Systemen (Strecken Daten. . .) muß ebenfalls realisiert werden. Die Software errechnet aus den übersendeten Daten der Triebkopfrehner den statistischen Streckenverlauf und die Ausreißerwerte, automatische Meldung zur Streckenausbesse- rung können gebildet werden. Diese Datenbasis bildet Möglichkeit für globale Gleisnetzüberwachung.

8.1 Hardware

Die Hardware sollte so angelegt bzw. angepaßt werden, daß die von den einzelnen TKR's gesandten Daten, z. B.

durch Systemabsturz eines der beteiligten Hardwarekomponenten (Funkadapter, Gleisdatenbankrechner, Netzwerkrouter, Festplatten (RAID), Netzteile. . .) nicht verloren gehen können. Eine Möglichkeit besteht darin, alle für den Datenfluß relevanten Komponenten hardwaremäßig mehrfach auszuliegen. Gegen Stromausfall empfiehlt sich eine USV-Anlage.

9. Abschluß

Bei der Funktionsbeschreibung wurde in erster Linie davon ausgegangen, daß der eingesetzte Abstandssensor ein induktiv arbeitender Sensor ist. Dies soll keine Festlegung auf das genannten Systeme darstellen; es kann durch Systeme gleichen bzw. entsprechenden Funktionsprinzips ausgetauscht werden.

Das Konzept ist am Beispiel des deutschen ICE ausgerichtet, es ist jedoch prinzipiell auf jedes Schienenfahrzeugsystem anwendbar (z. B. Güterwaggons für Gefahrgut, "normaler IC", TGV, . . .).

Patentansprüche

1. Hauptanspruch ist ein sensorgestütztes online Erfassungssystem mit Auswertung von rad- und gleisbezogenen Daten während einer Zugfahrt durch Interpretation der Meßwerte mit Hilfe einer zeitlichen und geometrischen Korrelationsanalyse. Hierzu gehört die Funkübertragung der während der Zugfahrt ausgewerteten Daten an eine zentrale Stelle für die Gleisüberwachung.
- Vorrichtung zur online Erfassung und Auswertung von rad- und gleisbezogenen Daten während einer Zugfahrt zur Erhöhung der Zugsicherheit und Reduzierung von Gleisprüffahrten **dadurch gekennzeichnet**, daß ein sensorgestütztes online Erfassungssystem mit Auswertung von rad- und gleisbezogenen Daten während einer Zugfahrt durch Interpretation der Meßwerte mit Hilfe einer zeitlichen und geometrischen Korrelationsanalyse durchgeführt wird.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Abstandsmessung zwischen Rad und Schiene während der Zugfahrt erfolgt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Drehzahlmessung der Achsen (Radsätze) eine Drehwinkelermessung erfolgt.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine induktive, interferometrische (Laser), mechanische, kapazitive oder Ultraschall gestützte Abstandsmessung vorgenommen wird.
5. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur zusätzlichen Informationsgewinnung Sensoren zur Messung von Federeintauchtiefen eingesetzt werden.
6. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur zusätzlichen Informationsgewinnung Drehwinkelgeber zur Messung von Achsdrehwinkeln eingesetzt werden.
7. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur zusätzlichen Informationsgewinnung Körperschallsensoren zur Erfassung von Schwingungen eingesetzt werden.
8. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur zusätzlichen Informationsgewinnung weitere Sensoren zum Einsatz kommen können.
9. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstandssenso-

ren über der Lauffläche der Schiene positioniert werden.

10. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehwinkelgeber an beliebiger Stelle auf oder an der Achse jedes Radsatzes des Drehgestells positioniert ist.

11. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehwinkelgeber als Hallsensor über der Bremsscheibe angebracht werden kann.

12. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Interpretation der Meßwerte dezentrale Recheneinheiten (Drehgestellrechner) eingesetzt werden können.

13. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erfassung der Spurweite zusätzliche Abstandssensoren ins Drehgestell des Triebkopfes eingesetzt werden.

14. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erfassung weiterer gleisbezogener Größen zusätzliche Sensoren ins Drehgestell des Triebkopfes eingesetzt werden.

15. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Funktionsüberwachung der Sensoren eine im Sensor gewonnene, zusätzliche Größe überwacht wird.

16. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur zentralen Datenauswertung ein wagenübergreifendes Bussystem eingesetzt wird.

17. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Interpretation der Körperschallsensorsignale ein DSP System eingesetzt wird.

18. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehgestellrechner bei externer Montage (im Drehgestell) als "plug in" Bauteil ausgeführt wird.

19. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Auswertung und Interpretation der Meßwerte eine zeitliche und geometrische Korrelationsanalyse auf den Drehgestellrechnern genutzt wird.

20. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Interpretation der Körperschallsensorsignale eine FFT mit anschließendem Vergleich mit bekannten spektralen Mustern durchgeführt wird.

21. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorsignale ins Zusammenhang mit einem Ereignis im System Rad/Schiene (als Ergebnis einer Meßwertinterpretation) auf Redundanz geprüft werden kann.

22. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erfassung der von den Drehgestellrechnern gemeldeten lokalen Events zentral zur Auswertung und Speicherung auf einem Rechner erfaßt werden.

23. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Auswertung und Interpretation der eingehenden Eventmeldungen (von den Drehgestellrechnern) eine zeitliche und geometrische Korrelationsanalyse zur weiteren Klassifizierung und Einordnung an zentraler Stelle (Triebkopf-rechner) genutzt wird.

24. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die eingehenden Eventmeldungen (von den Drehgestellrechnern) auf

Redundanz geprüft werden.

25. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zentrale Auswertungseinheit mit dem Zugführer in Dialog treten kann.

5

26. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für den Notfall die zentrale Auswertungseinheit mit dem Schnellbremssystem gekoppelt ist.

27. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zentrale Auswertungseinheit mit einer Funkdatenverbindung ausgestattet ist, und die gesammelten Daten an eine zentrale Stelle zu melden.

10

28. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Unfallanalyse die zentrale Auswertungseinheit auch als Zugdatenrecorder ausgelegt ist.

15

29. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erfassung der von den zentralen Auswertungseinheiten gemeldeten gleisrelevanten Events zentral zur Auswertung und Speicherung auf einem Rechner erfaßt werden (Gleisdatenbankrechner).

20

30. Vorrichtung nach Hauptanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß das Konzept auf jedes Rad/ Schienen System übertragbar ist.

25

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

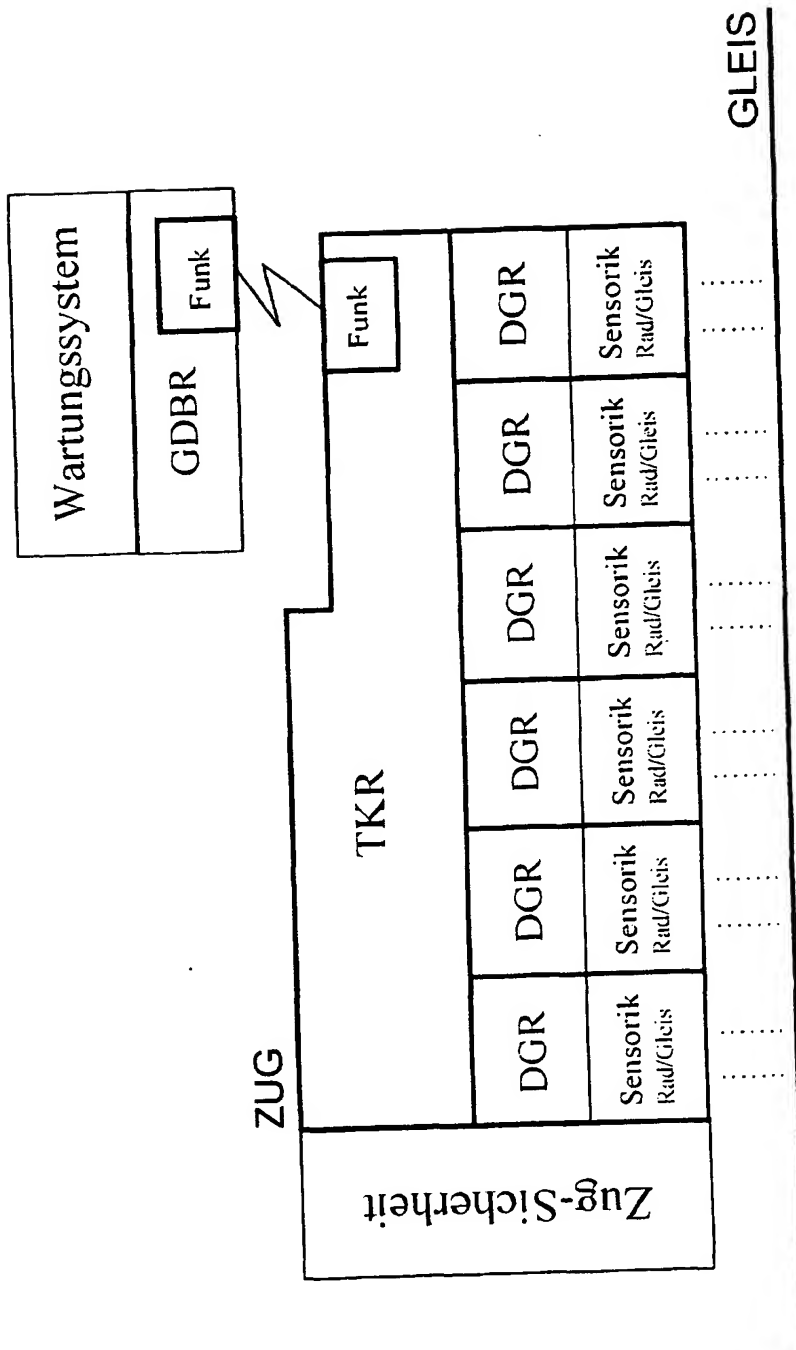
60

65

- Leerseite -

Zeichnung 1

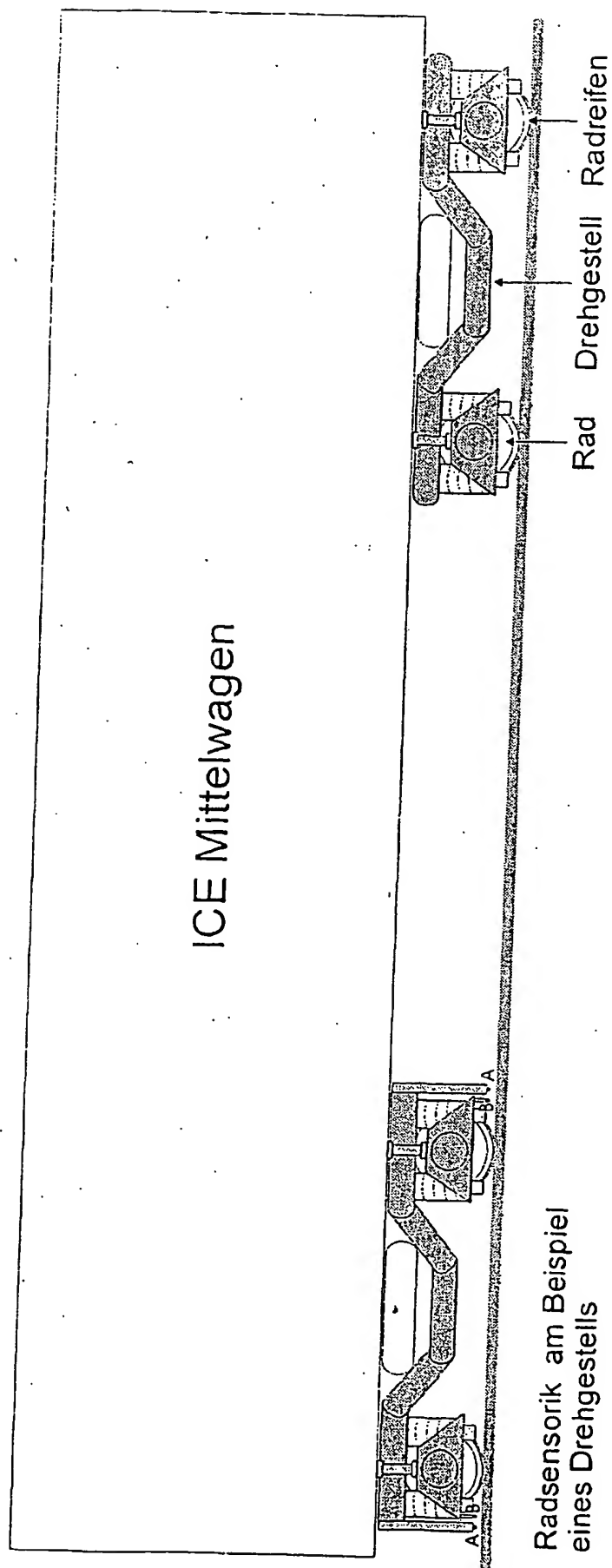
Funktionsdiagramm zur on-line Erfassung und Auswertung rad- und gleisbezogener Events



Abkürzungen
DGR: Drehgestellrechner
TKR : Triebkopfrechner
GDBR: Gleisdatenbankrechner

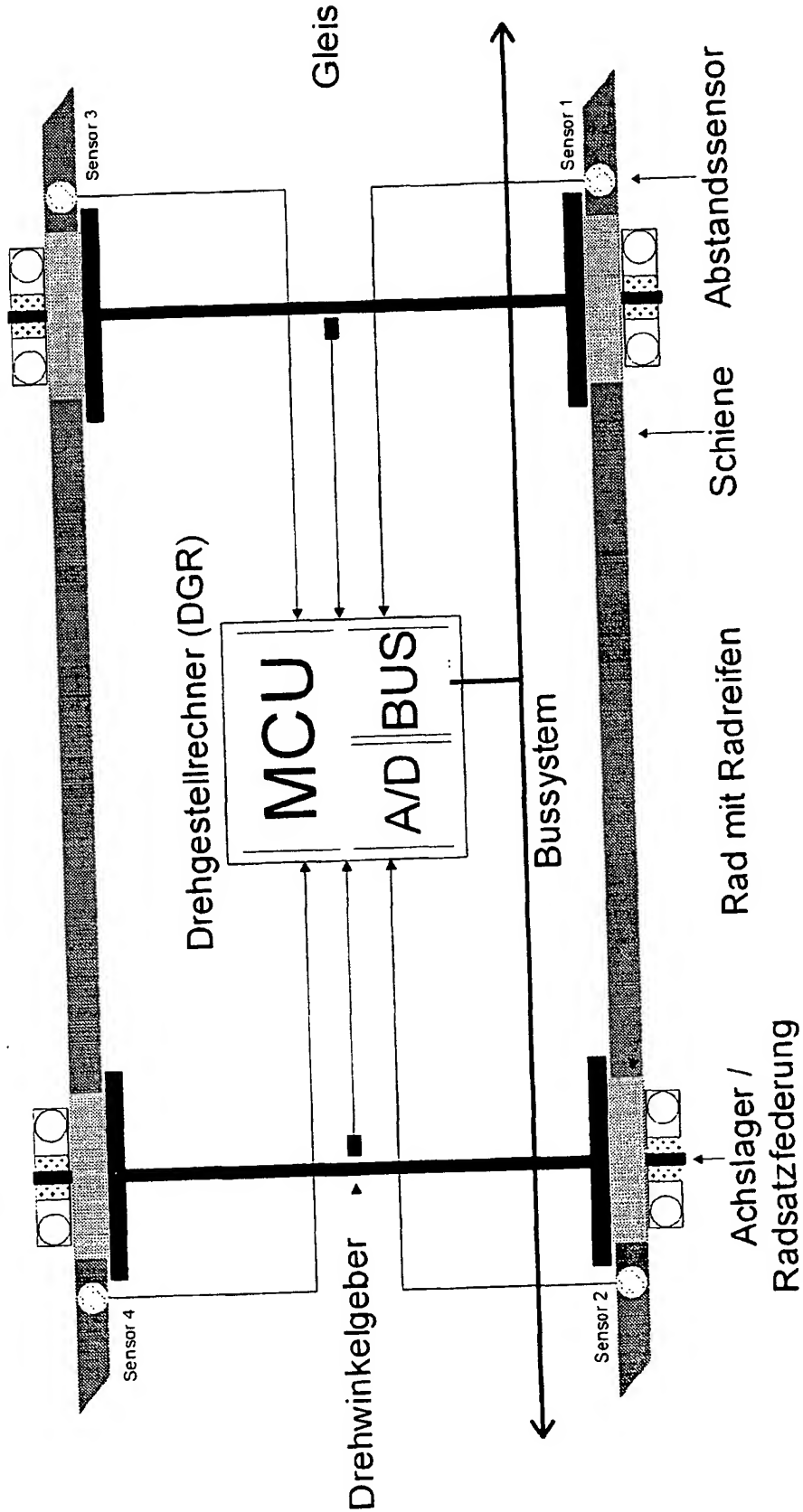
Zeichnung 2

Mensorik am Beispiel ICE Mittelwagen



Zeichnung 3

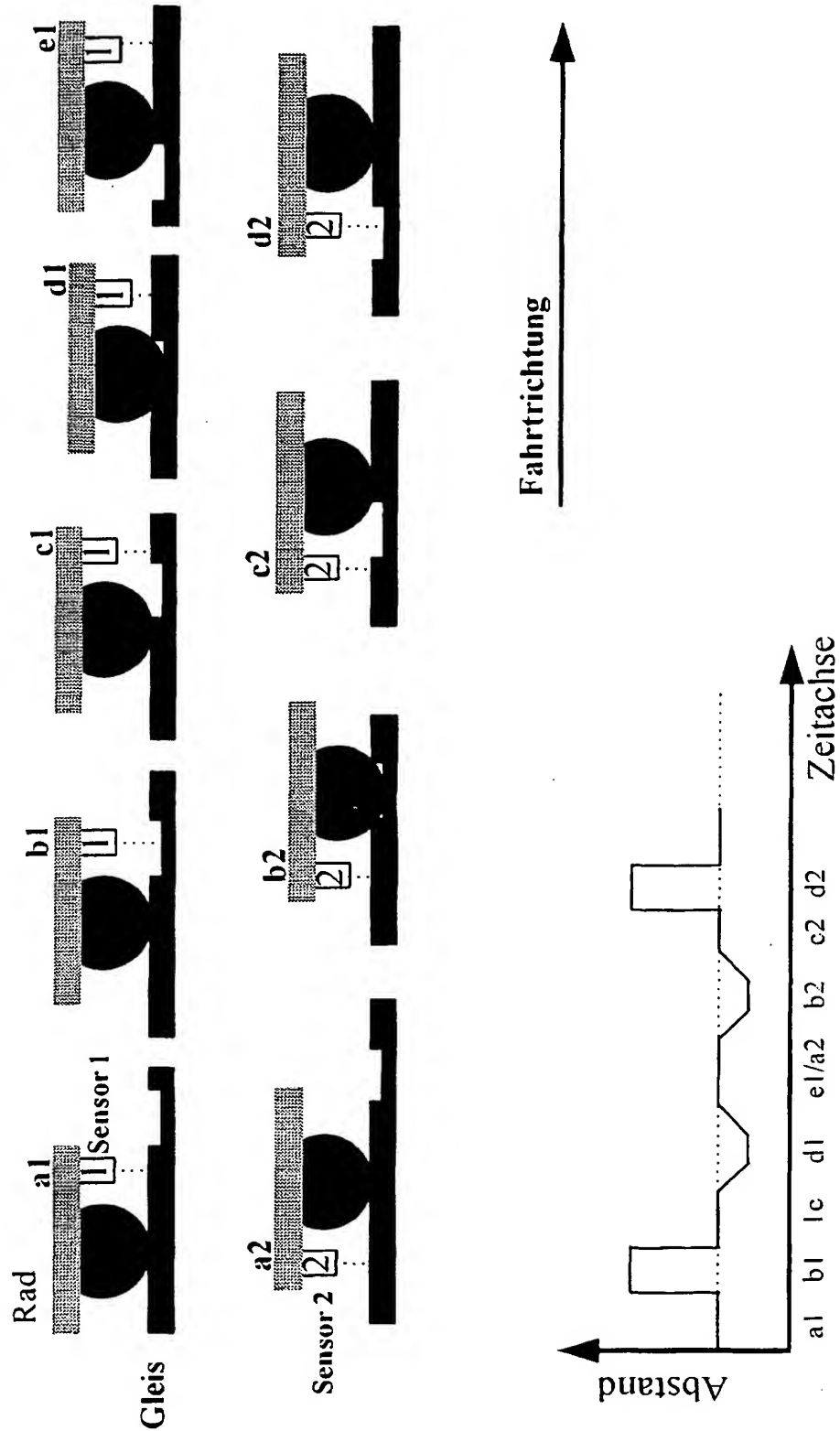
Messensorik / Drehgestellrechner (DGR)



Drehgestell Mittelwagen

Zeichnung 4: Meßbeispiel (schematisch)

Radbezogenes Überfahren eines Spaltes im Herzstück einer Weiche in Anlehnung zur Zeichnung 3



Zeichnung 5

mögliche Eventkalalogisierung

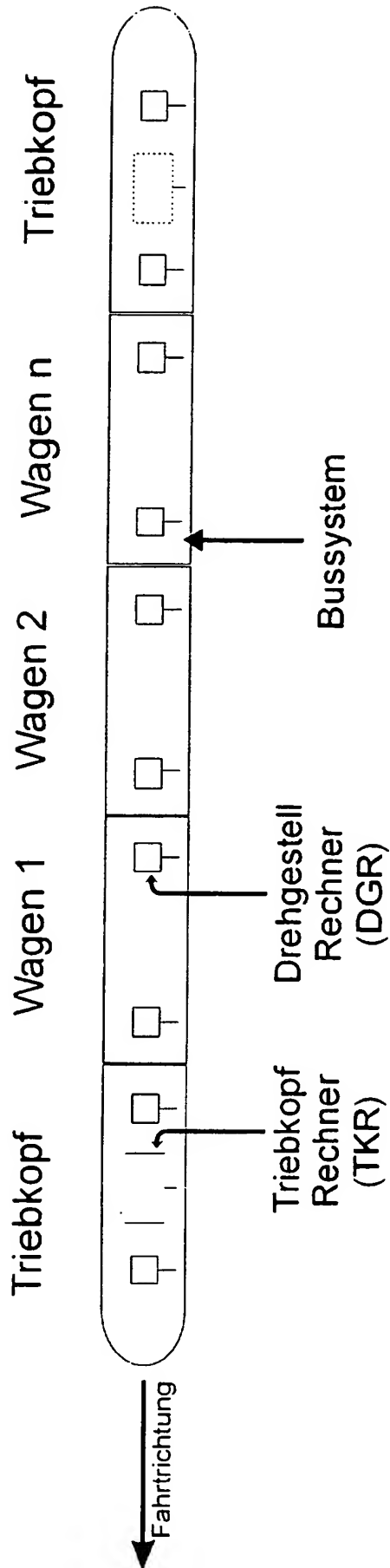
mögliche Eventkalalogisierung				
Event-Typ	DGR Event Priorität	normal	kompenziert	TKR
ein- oder zweiseitig, gleisbezogen	fatal	Schäden an der Schienenoberfläche Schäden an Schweißnähten größere Schienenrisse gelaschte Schienenverbindungen Weichen Senkungen im Gleisbett	multi DGR's multi DGR's multi DGR's multi DGR's multi DGR's multi DGR's nicht gemeldet nicht gemeldet nicht gemeldet nicht gemeldet	auswertbar multi DGR's multi DGR's multi DGR's multi DGR's multi DGR's nicht gemeldet nicht gemeldet nicht gemeldet nicht gemeldet
ein- oder zweiseitig, radsatz- oder drehgestellbezogen	Beschädigung am Radreifen Verlust von Radreifen Achsbruch Entgleisen von Radsätzen Entgleisen von Drehgestellen	Drehgestellschlingern unrunde Radreifen lose sitzende Radreifen	gleicher DGR gleicher DGR gleicher DGR gleicher DGR gleicher DGR gleicher DGR gleiches DGR gleiches DGR gleiches DGR	gleicher DGR gleicher DGR gleicher DGR gleicher DGR gleiches DGR gleiches DGR gleiches DGR gleiches DGR gleiches DGR
global, nicht relevant (kein Event)		Erdmagnetfeld Kopplungsstörme beschleunigte Bewegung	nicht gemeldet nicht gemeldet nicht gemeldet	nicht gemeldet nicht gemeldet nicht gemeldet

Legende:

DGR: Drehgestellrechner
TKR: Triebkopfrehner
multi DGR's: Event wird von allen oder zumindest mehreren DGR's nacheinander an den TKR geliefert
gleicher DGR: Event wird immer vom gleichen DGR geliefert (auf das Event bezogen)
nicht gemeldet: Ereignis / Einfluß ist kein Event, daher erfolgt keine Meldung an den TKR

Zeichnung 6

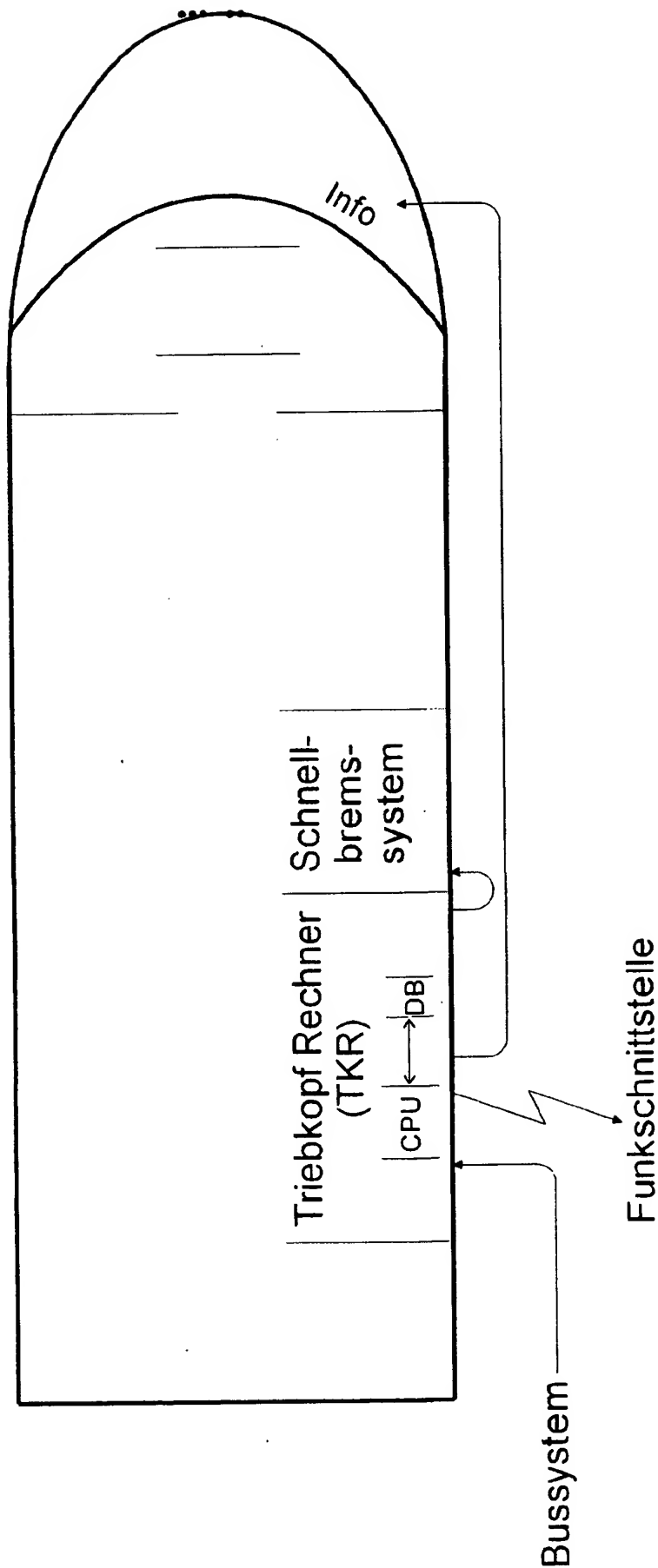
ICE Zug



Schematisch Darstellung ICE von oben

Zeichnung 7

Triebkopf



Schematisch Darstellung eines ICE Triebkopfes

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)